



(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING A CAPACITATIVE ACTUATOR



In order to obtain constant travel (ds) of a capacitive actuator, e.g. for a fuel injection valve in an internal combustion engine, over a large temperature range, the actuator is charged by a supply of predetermined energy i.e. a capacitor is discharged in a defined manner. Alternately, the current supplied to the actuator and the voltage released thereto are multiplied, the product is integrated and the integral value is compared with a predetermined set point value. The charging process is interrupted if the integral value reaches or exceeds the set point value.

(57) Zusammenfassung

Um einen konstanten Hub (ds) eines kapazitiven Stellgliedes, beispielsweise für ein Kraftstoffeinspritzventil einer Brennkraftmaschine, in einem großen Temperaturbereich zu erzielen, wird das Stellglied geladen, indem ihm eine vorgegebene Energie zugeführt wird, d.h., ein Kondensator definiert entladen wird. Alternativ werden der dem Stellglied zugeführte Strom und die an ihm abfallende Spannung multipliziert, das Produkt integriert, und der Integralwert mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen. Der Ladevorgang wird abgebrochen, wenn der Integralwert den Sollwert erreicht oder übersteigt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidtschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Ansteuern eines kapazitiven Stellgliedes

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ansteuern eines kapazitiven Stellgliedes, insbesondere eines piezoelektrisch betriebenen Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine.

10

Piezo-Stellglieder bestehen aus einer Vielzahl piezokeramischer Schichten und bilden einen sog. „Stack“, der bei Anlegen einer Spannung seine Abmessungen, insbesondere seine Länge s um einen Hub Δs verändert, oder bei mechanischem Druck

15

oder Zug eine elektrische Spannung erzeugt.

Es sind unterschiedliche Verfahren zur Ansteuerung von Piezo-Stellgliedern, die sich elektrisch wie Kondensatoren verhalten, bekannt, bei denen die am Piezostellglied anliegende Spannung überwacht wird. Als Kriterium für das Beenden der Aufladung wird bei allen bekannten Verfahren das Erreichen einer bestimmten Spannung am Piezostellglied herangezogen, sofern keine aufwendige Messung für den erreichten Stellglied-Hub Δs vorgesehen ist. Ein Beispiel dafür ist die ältere deutsche Patentanmeldung 1932872.1.

25

Die elektrischen Eigenschaften eines derartigen Piezostacks ändern sich mit der Temperatur, der er ausgesetzt ist. Mit steigender Temperatur vergrößert sich seine Kapazität, aber auch der Hub nimmt zu. Bei den für automotive Anwendungen zu berücksichtigenden Temperaturen von etwa -40°C bis $+150^{\circ}\text{C}$ sind dabei Änderungen bis zu einem Faktor 2 zu beobachten.

30

Wird ein Piezo-Stellglied in allen Betriebspunkten beispielsweise auf eine konstante Spannung aufgeladen, die bei niedrigen Temperaturen den benötigten Hub Δs erbringt, so erhält

35

man bei hohen Temperaturen einen Hub, der deutlich größer ist als erforderlich - was bei Kraftstoffeinspritzventilen mit konstantem Kraftstoffdruck eine zu große Kraftstoffmenge bedeutet, oder umgekehrt. Da bei hohen Temperaturen die Kapazität des Piezostacks ebenfalls größer ist, wird sehr viel mehr Ladung und Energie ($E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$) benötigt, als erforderlich.

Aus US 5,387,834 ist eine Ansteuerschaltung für ein piezoelektrisches Element eines Matrix-Druckers bekannt, bei welcher ein Temperatursensor die Temperatur des piezoelektrischen Elements fühlt. Die Ansteuerung des piezoelektrischen Elements erfolgt mit Ladezeiten, welche temperaturabhängig in einer Tabelle gespeichert sind.

Es ist Aufgabe der Erfindung, die Ansteuerung eines kapazitiven Stellgliedes, ohne einen Temperatursensor zu verwenden, derart durchzuführen, daß im gesamten Temperaturbereich, in welchem das Stellglied betrieben wird, ein möglichst konstanter Hub ds erreicht wird. Aufgabe der Erfindung ist auch, eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens zu schaffen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

Untersuchungen haben gezeigt, daß die einem kapazitiven Stellglied zugeführte Energie ein sehr viel präziseres Maß für den Hub ds darstellt als die angelegte Spannung, und daß eine Aufladung mit konstanter Energie über den benötigten Temperaturbereich einen wesentlich konstanteren Hub erbringt. Der Hub ändert sich etwa linear mit der angelegten Spannung bei einer bestimmten Temperatur. Ändert sich die Temperatur, so ändert sich auch der Hub bei gleichbleibender Spannung. Hingegen ändert sich der Hub proportional zum Quadrat der

aufgebrachten Energie ($ds \approx e^2$), jedoch unabhängig von der Temperatur.

Bei der großserienmäßigen Herstellung von Piezostacks ist die
5 Schichtdicke der einzelnen Piezoschichten nicht exakt gleich.
Man kann beispielsweise Stacks mit konstanter Länge s , aber
unterschiedlicher Anzahl der Schichten herstellen. Solch un-
terschiedliche Stacks gelangen dann auch zum Einsatz, wenn
ein defektes Kraftstoffventil durch ein anderes ersetzt wird.
10 Bei der Aufladung solch unterschiedlicher Stacks mit konstan-
ter Spannung ergeben sich bereits bei gleicher Temperatur un-
terschiedliche Hübe ds . Ein weiterer Vorteil des erfindungs-
gemäßen Ansteuerverfahrens ist es deshalb, daß bei Ansteue-
rung mit konstanter Energie solche unterschiedlichen Stacks
15 nicht nur bei einer bestimmten Temperatur, sondern auch über
den gesamten, oben bezifferten Temperaturbereich einen nahezu
gleichen, konstanten Hub ds aufweisen.

Einem kapazitiven Stellglied eine bestimmte Energiemenge zu-
20 zuführen, kann auf verschiedenen Weise geschehen, beispiels-
weise durch Umladung eines entsprechend geladenen Kondensa-
tors oder durch Messung der einer Energiequelle entnommenen
oder dem Stellglied zugeführten Energie.

25 Zwei Ausführungsbeispiele zur Ladung eines über ein Piezo-
stellglied betätigten Kraftstoffeinspritzventils werden nach-
stehend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1: die Schaltung eines ersten Ausführungsbeispiels,
30 Figur 2: ein Flußdiagramm, betreffend die Arbeitsweise der
Schaltung nach Figur 1,
Figur 3: ein schematisches Schaltbild eines zweiten Ausführ-
ungsbeispiels,
Figur 4: ein schematisches Schaltbild eines dritten Ausführ-
35 ungsbeispiels, und

Figur 5: ein Flußdiagramm, betreffend die Arbeitsweise der Schaltungen nach Figur 3 und 4.

Figur 1 zeigt eine Prinzipschaltung zum Ansteuern eines einzelnen, weiter nicht dargestellten Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine über ein piezoelektrisches Stellglied P, mittels einer üblicherweise mikroprozessorgesteuerten Steuerschaltung ST.

Zwischen dem Pluspol +V und dem Minuspol GND einer Energiequelle liegt eine Reihenschaltung eines gesteuerten, elektronischen, nur in einer Richtung stromdurchlässigen Energieschalters X1 und eines Kondensators C.

In der weiteren Beschreibung, wenn von Schaltern X1 bis X4 die Rede ist, handelt es sich um elektronische, nur in einer Richtung stromdurchlässige, aus wenigstens einem Halbleiterelement bestehende Schalter, vorzugsweise Thyristorschalter, die von der Steuerschaltung ST angesteuert werden.

In stromleitendem Zustand des Energieschalters $X1 = 1$ wird der Kondensator C von der Energiequelle aufgeladen.

Parallel zum Kondensator C liegt eine Reihenschaltung aus einer mit dem Energieschalter X1 verbundenen Umschwingspule L und einem Ladestopschalter X3, dessen Funktion später erklärt wird.

Parallel zum Ladestopschalter X3 ist eine Reihenschaltung aus einer Parallelschaltung eines in Richtung von der Umschwingspule L weg stromdurchlässigen Ladeschalters X2 und eines in Richtung zur Umschwingspule hin stromdurchlässigen Entladeschalters X4 und aus einer Parallelschaltung des Stellgliedes P mit einer Diode D, die in Richtung zum Ladeschalter X2 hin stromdurchlässig ist, angeordnet.

Die Schalter X1 bis X4 werden von einer mikroprozessorgesteuerten Steuerschaltung ST abhängig von einem externen Steuerungssignal st gesteuert.

- 5 In der Steuerschaltung ST sind ein oberer und ein unterer Sollwert U_{cmax} und U_{cmin} für die Kondensatorspannung U_c gespeichert, die je nachdem, ob der Kondensator C oder das Stellglied P geladen werden soll, einem Eingang einer Komparatorschaltung K zugeführt werden, an deren anderen Eingang
10 die Kondensatorspannung U_c angelegt wird. Das Ausgangssignal k der Komparatorschaltung K wird der Steuerschaltung ST als weiteres Eingangssignal zugeführt.

- Anhand des in Figur 2 gezeigten Flußdiagramms wird ein Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung am Beispiel der Schaltung nach Figur 1 beschrieben, ausgehend von einem Anfangszustand (Zustand I), in welchem der Kondensator C voll auf die Spannung $U_c = U_{cmax}$ geladen ist, sämtliche Schalter X1 bis X4
15 nichtleitend sind und die Umschwingspule L stromlos ist.

- 20 Mit dem Beginn eines externen Steuerungssignals $st = 1$ (Zustand II) wird der Ladeschalter X2 gezündet (stromleitend gesteuert). Damit beginnt der Kondensator C, sich über die Umschwingspule L in das wie ein Kondensator wirkende Stellglied P zu entladen und dieses aufzuladen (Zustand III), was sich
25 als Längenänderung des Piezostellgliedes auswirkt. Die am Stellglied anliegende Spannung steigt an.

- Sobald die Spannung U_c den an einem Eingang der Komparatorschaltung K anliegenden Sollwert U_{cmin} unterschreitet
30 (Zustand IV), wird der Ladevorgang beendet, der Ladeschalter X2 wird nichtleitend, $X2 = 0$, und der Ladestopschalter X3 wird leitend ($X3 = 1$, Zustand V). Der Schwingkreis L-C schwingt weiter, bis die Umschwingspule L stromlos ist.

Die Entladung des Kondensators C um die Spannung $U_{cmax} - U_{cmin}$ entspricht der Entnahme einer bestimmten Energiemenge unter der Voraussetzung, daß die Änderung der Kondensatorkapazität abhängig von der Temperatur vernachlässigbar klein ist.

Der Ladezustand des Stellgliedes P bleibt erhalten, solange das Steuersignal st anliegt. Wenn es verschwindet ($st = 0$, Zustand VI), muß das Stellglied entladen werden. Dazu wird der Ladedstopschalter X3 nichtleitend gesteuert, $X3 = 0$, und der Entladeschalter leitend, $X4 = 1$ (Zustand VII). Nun entlädt sich das Stellglied P über die Umschwingspule L in den Kondensator C. Ist das Stellglied bis auf die Schwellspannung der Diode D entladen, übernimmt diese den Strom; der Schwingkreis L-C schwingt weiter, bis die Umschwingspule stromlos ist. Schalter X4 wird nichtleitend.

Zum Nachladen des Kondensators C (Zustand IX) wird der Sollwert U_{cmax} an die Komparatorschaltung K gelegt und der Energieschalter X1 solange geöffnet, bis die Kondensatorspannung U_c diesen Sollwert übersteigt. Damit ist ein Ladezyklus des Stellgliedes P beendet.

Figur 3 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel zum Ansteuern eines Piezostellgliedes P eines nicht dargestellten Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine, ebenfalls mittels einer üblicherweise mikroprozessorgesteuerten Steuerungschaltung ST.

Zwischen dem Pluspol $+V$ und dem Minuspol GND einer Energiequelle V liegt eine Reihenschaltung aus einem von der Steuerungschaltung ST gesteuerten, elektronischen Schalter T1, aus einem strombegrenzenden Element, beispielsweise einem Widerstand R (oder einer Spule) und aus einem Piezostellglied P des Kraftstoffeinspritzventils mit der Länge s. Parallel zur

Reihenschaltung aus Piezostellglied P und Widerstand R ist ein weiterer elektronischer Schalter T2 angeordnet.

Die elektronischen Transistorschalter T1 und T2 werden von
5 der Steuerschaltung ST angesteuert, die ein externes Steuerungssignal st für die Einspritzdauer, beispielsweise von einem Motorsteuergerät (in welchem auch die Steuerschaltung integriert sein kann) erhält. Des weiteren werden bei leitend geschaltetem Schalter T1 der in das Piezostellglied P fließende,
10 durch den Widerstand R begrenzte Strom i und die am Piezostellglied P abfallende Spannung u gemessen und der Steuerschaltung ST als weitere Eingangsgrößen zugeführt.

In der Steuerschaltung ST sind - strichliert umrandet - ein Multiplizierglied X, ein Integrator I und ein Komparator K in
15 Reihe hintereinander angeordnet, wobei der Ausgang des Multipliziergliedes X mit dem Eingang des Integrators I und dessen Ausgang mit einem Eingang des Komparators K verbunden ist. Dem anderen Eingang des Komparators K wird ein Sollwert G für die gewünschte Energieabgabe zugeführt.

20 Anhand des in Figur 5 gezeigten Flußdiagramms wird ein Verfahren zum Betreiben der Schaltung nach Figur 3 beschrieben, welches auch auf die weiter unten beschriebene Schaltung nach Figur 4 anwendbar ist, ausgehend von einem Anfangszustand
25 (Zustand 0), in welchem beide Schalter T1 und T2 nichtleitend sind. $T1 = 0$ bedeutet nichtleitend; $T1 = 1$ bedeutet leitend. Dasselbe gilt für T2. Für die Signale st und k gilt: "1" bedeutet vorhanden, "0" bedeutet nicht vorhanden.

30 Mit dem Beginn eines Steuerungssignals st , welches von 0 nach 1 wechselt (Zustand I), wird der Schalter T1 stromleitend gesteuert. Damit beginnt ein durch den Widerstand R begrenzter Strom i vom Pluspol $+V$ der Spannungsquelle über den Schalter T1 und das Piezostellglied P zum Minuspol GND zu fließen. Am
35 Piezostellglied P baut sich die Spannung u auf: das Pie-

zostellglied dehnt sich um den Hub ds auf die Länge $s + ds$ aus und öffnet das Einspritzventil (Zustand II), so daß Kraftstoff eingespritzt wird. Von der Anfangsflanke st' des Steuersignals st angestoßen, wird gleichzeitig der Integrator
5 I entladen. Zu Beginn jedes Einspritzvorgangs ist demnach dessen Ausgangssignal $e = 0$.

Die der Steuerschaltung ST zugeführten Meßgrößen i und u werden im Multiplizierglied X miteinander multipliziert und das
10 an seinem Ausgang erscheinende Produkt p anschließend im eben entladenen Integrator I aufintegriert. Das Ausgangssignal e des Integrators I ist proportional zu der dem Piezostellglied P zugeführten Energie $e = \int uidt$ und wird dem Komparator K zugeführt, in welchem es mit einem Sollwert G verglichen wird.
15 Sobald es diesen Sollwert erreicht oder übersteigt, gibt der Komparator ein digitales Ausgangssignal $k = 1$ ab (Zustand III). Durch dieses Komparatorausgangssignal $k = 1$ wird die Steuerschaltung ST veranlaßt, den Schalter T1 nichtleitend zu steuern (Zustand IV), wodurch der Ladevorgang des Piezostellgliedes P beendet ist.
20

Das Stellglied hat den gewünschten Hub ds erreicht ($ds \sim e^2$) und damit das Kraftstoffeinspritzventil die gewünschte Öffnung, wodurch infolge konstanten Kraftstoffdrucks die eingespritzte Kraftstoffmenge proportional zur Öffnungsdauer des
25 Stellgliedes ist. Das Kraftstoffeinspritzventil bleibt mit dem der aufgebrauchten Energie e zugeordneten Hub ds solange geöffnet, bis das Steuersignal st verschwindet, $st = 0$ (Zustand V).

30

Wird das Steuersignal $st = 0$, wird von der Steuerschaltung ST der Schalter T2 leitend gesteuert (Zustand VI), wodurch das Piezostellglied über den Widerstand R entladen wird und das Kraftstoffeinspritzventil schließt. Damit ist der Einspritz-

vorgang beendet. Der nächste und alle weiteren Einspritzvorgänge werden in der gleichen Weise durchgeführt.

Figur 4 zeigt ein einfacheres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Schaltung mit einer Abänderung gegenüber der Schaltung nach Figur 3, dahingehend, daß in den Strompfad des Piezostellgliedes P eine Konstantstromquelle Q eingefügt ist, von der das Piezostellglied P mit einem konstanten Strom $i = \text{const}$ geladen wird. Infolge der bekannten Stromstärke kann die Strommessung entfallen und damit auch die aufwendig durchzuführende Multiplikation $u \cdot i$, sowie das Multiplizierglied X. Die neben dem Steuersignal st einzige Eingangsgröße u der Steuerschaltung ST wird dem Integrator I zugeführt, dessen Ausgangssignal e proportional der eingespeisten Energie ist. Die weitere Funktion der Schaltung entspricht der nach Figur 1. Der Widerstand bzw. das strombegrenzende Element ist hier lediglich zur Begrenzung des Entladestromes erforderlich und ist deshalb zwischen Piezostellglied P und Schalter T2 angeordnet.

20

Die Erfassung der Energie kann entweder, wie bei den Ausführungsbeispielen nach den Figuren 1 und 2 gezeigt, anhand der auf das Piezostellglied aufgebrauchten Energie oder anhand der Energie, die einer Quelle entnommen wird, erfolgen.

25

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zum Ansteuern eines kapazitiven Stellgliedes (P), insbesondere eines piezoelektrisch betriebenen Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine, mit einer vorgegebenen, einem bestimmten Stellgliedhub (ds) zugeordneten Energiemenge (e),
- 10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- daß das Stellglied (P) von einem aus einer Energiequelle (V) auf einen vorgegebenen, oberen Spannungssollwert (U_{cmax}) aufgeladenen Kondensator (C) solange geladen wird, bis der
- 15 Kondensator (C) auf einen vorgegebenen, unteren Spannungssollwert (U_{cmin}) entladen ist.
- 20 2. Verfahren zum Aufladen eines kapazitiven Stellgliedes (P), insbesondere eines piezoelektrisch betriebenen Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine, mit einer vorgegebenen, einem bestimmten Stellgliedhub (ds) zugeordneten Energiemenge (e),
- 25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- daß während des Aufladevorgangs des Stellgliedes (P) aus einer Energiequelle (V) der in das Stellglied (P) fließende
- 30 Strom (i) und die am Stellglied (P) abgreifbare Spannung (u) miteinander multipliziert werden,
- daß das Produkt ($p = ui$) von Strom (i) und Spannung (u) über der Zeit integriert wird ($e = \int uidt$), und
- daß der Aufladevorgang beendet ist, wenn der Integralwert (e)
- 35 einen vorgegebenen Sollwert (G) erreicht oder übersteigt.

3. Verfahren zum Ansteuern eines kapazitiven Stellgliedes (P), insbesondere eines piezoelektrisch betriebenen Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine, mit einer vorgegebenen, einem bestimmten Stellgliedhub (Δs) zugeordneten Energiemenge (e),

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß das Stellglied (P) mit einem vorgegebenen Konstantstrom ($i = \text{const}$) aufgeladen wird,

10 daß die am Stellglied (P) abgreifbare Spannung (u) während des Ladevorgangs über der Zeit integriert wird ($e = \int u dt$), und

daß der Aufladevorgang beendet ist, wenn der Integralwert (e)

15 einen vorgegebenen Sollwert (G) erreicht oder übersteigt.

4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1,

20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß zwischen Pluspol (+V) und Minuspol (GND) einer Energiequelle ein Kondensator (C) angeordnet ist, der von der Energiequelle über einen Energieschalter (X1) aufladbar ist,

25 daß parallel zum Kondensator (C) eine Reihenschaltung aus einer mit dem Energieschalter (X1) verbundenen Umschwingspule (L) und einem Ladestopschalter (X3) angeordnet ist,

daß parallel zum Ladestopschalter (X3) eine Reihenschaltung aus einer Parallelschaltung eines zur Umschwingspule (L) hin stromdurchlässigen Entladeschalters (X4) und einer von

30 der Umschwingspule (L) weg stromdurchlässigen Ladeschalters (X2) und aus einer Parallelschaltung des Stellgliedes (P) mit einer Diode (D), die in Richtung zum Minuspol (GND) hin stromdurchlässig ist, angeordnet ist,

daß eine Komparatorschaltung (K) vorgesehen ist, welcher die Spannung (U_c) des Kondensators C und ein oberer oder unterer Sollwert (U_{cmax} , U_{cmin}) zugeführt werden, und
daß eine Steuerschaltung (ST) vorgesehen ist, in welcher der
5 obere und untere Spannungssollwert (U_{cmax} , U_{cmin}) gespeichert sind, welcher das Ausgangssignal (k) der Komparatorschaltung (K) und ein externes Steuersignal (st) zugeführt werden, und welche die Schalter (X1 bis X4) gemäß dem Programm nach Figur 2 steuert.

10

5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 2, mit einer zwischen dem Pluspol (+V) und dem Minuspol (GND) einer Spannungsquelle (V) angeordneten Reihenschaltung aus
15 dem Stellglied (P), einem strombegrenzenden Element (R) und einem elektronischen Schalter (T1),

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß eine Steuerschaltung (ST) vorgesehen ist, welcher als
Eingangsgrößen ein Steuersignal (st) für Beginn, Dauer und
20 Ende eines Ansteuervorgangs und die Meßgrößen des dem Stellglied (P) zugeführten Stromes (i) und der am Stellglied (P) abgreifbaren Spannung (u) zugeführt werden, und welche den Schalter (T1) mit dem Beginn eines Steuersignals (st) leitend steuert,

25 daß die Steuerschaltung (ST) ein Multiplizierglied (X) enthält, in welchem die Meßgrößen Strom (i) und Spannung (u) miteinander multipliziert werden,

einen Integrator (I) enthält, welcher das Produkt ($p = ui$)
30 integriert ($e = \int uidt$),,

einen Komparator (K) enthält, welcher den Integralwert (e) mit einem vorgegebenen Sollwert (G) vergleicht, und

daß die Steuerschaltung (ST) den Schalter (T1) nichtleitend steuert, wenn der Integralwert (e) den Sollwert (G) erreicht oder übersteigt.
35

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 3, mit einer zwischen dem Pluspol (+V) und dem Minuspol (GND) einer Spannungsquelle (V) angeordneten Reihenschaltung aus dem Stellglied (P) und einem elektronischen Schalter (T1),
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß im Ladestromkreis des Stellgliedes (P) eine Konstantstromquelle (Q) vorgesehen ist,
daß eine Steuerschaltung (ST) vorgesehen ist, welcher als Eingangsgrößen ein Steuersignal (st) für Beginn, Dauer und
10 Ende eines Ansteuervorgangs und die Meßgröße der am Stellglied (P) abgreifbaren Spannung (u) zugeführt werden, und welche den Schalter (T1) mit dem Beginn eines Steuersignals (st) leitend steuert,
daß die Steuerschaltung (ST)
15 einen Integrator (I) enthält, welcher die Meßgröße (u) integriert ($e = \int u dt$),
einen Komparator (K) enthält, welcher den Integralwert (e) mit einem vorgegebenen Sollwert (G) vergleicht, und
daß die Steuerschaltung (ST) den Schalter (T1) nichtleitend
20 steuert, wenn der Integralwert (e) den Sollwert (G) erreicht oder übersteigt.
7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 5 oder 6,
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß der Integrator (I) von der Einschaltflanke (st') jedes Steuersignals (st) entladen wird.

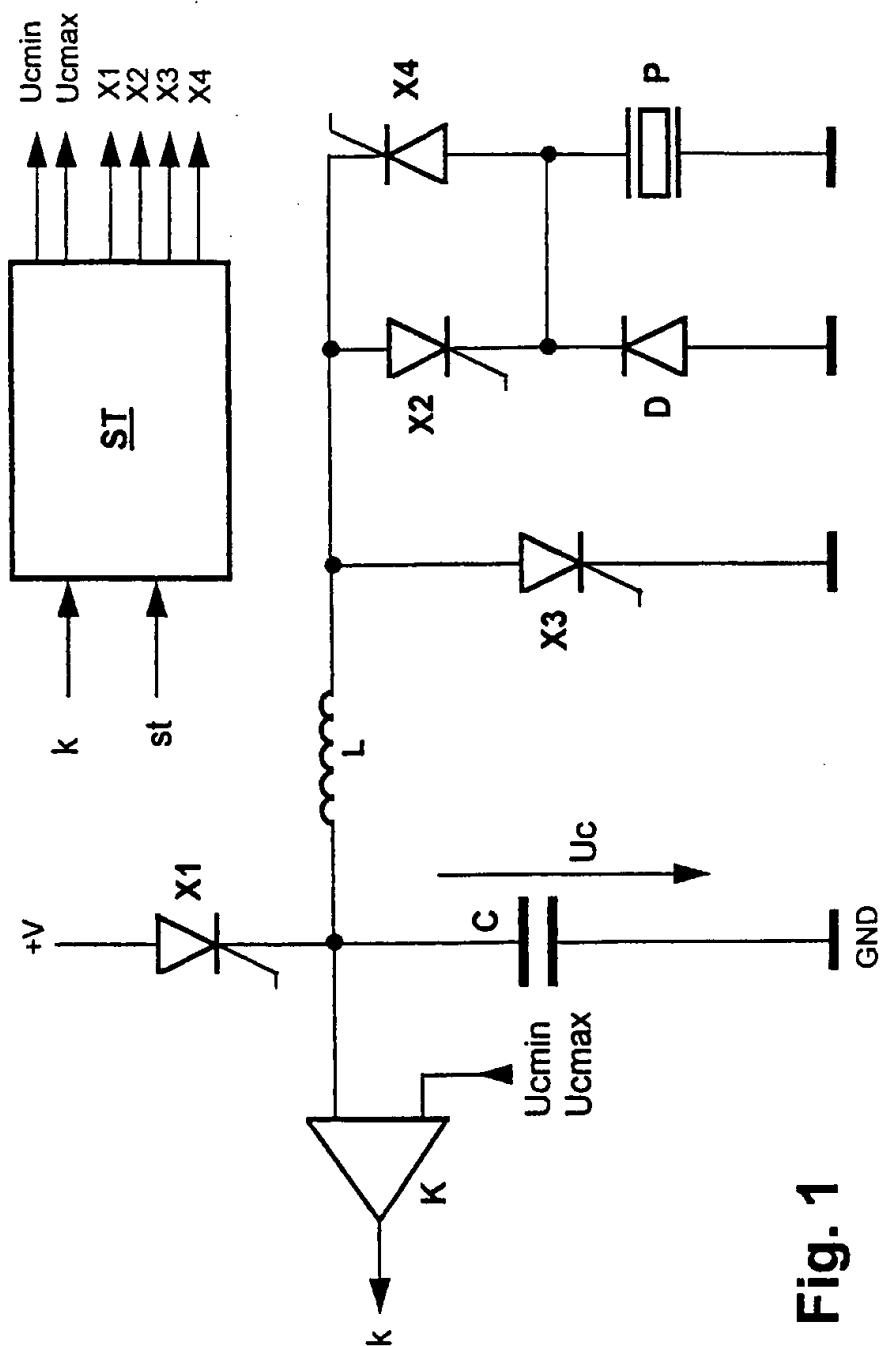


Fig. 1

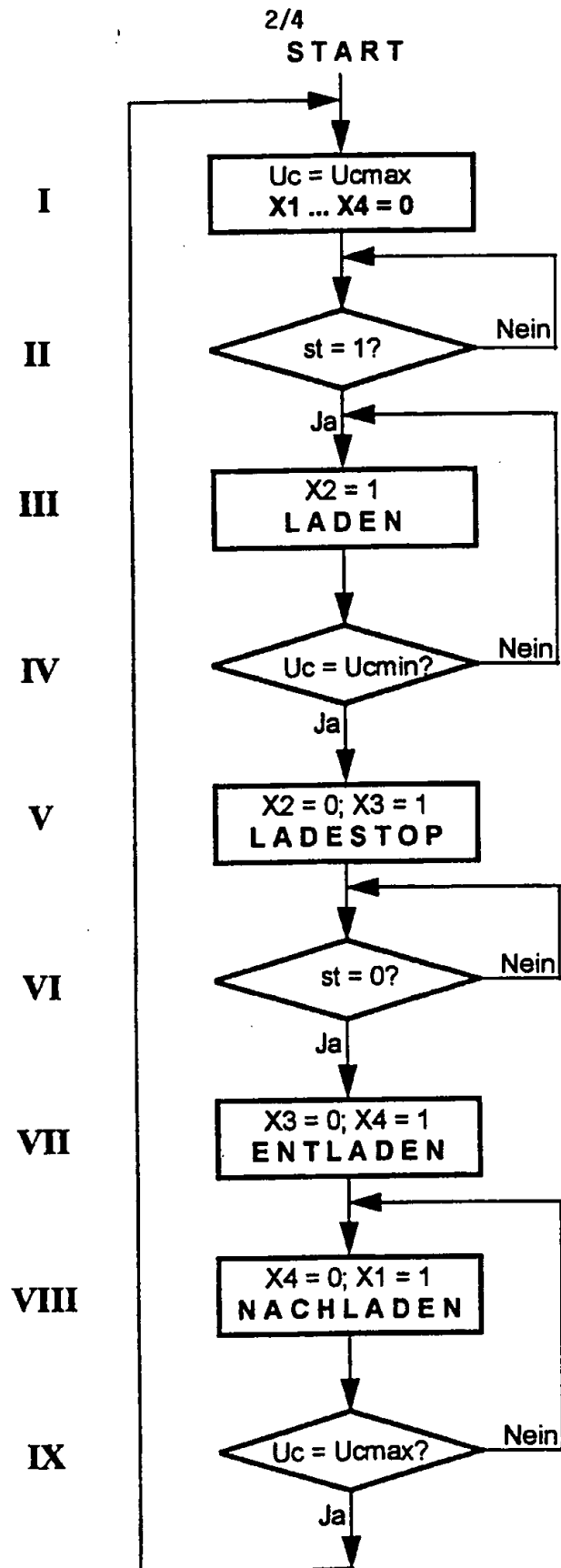
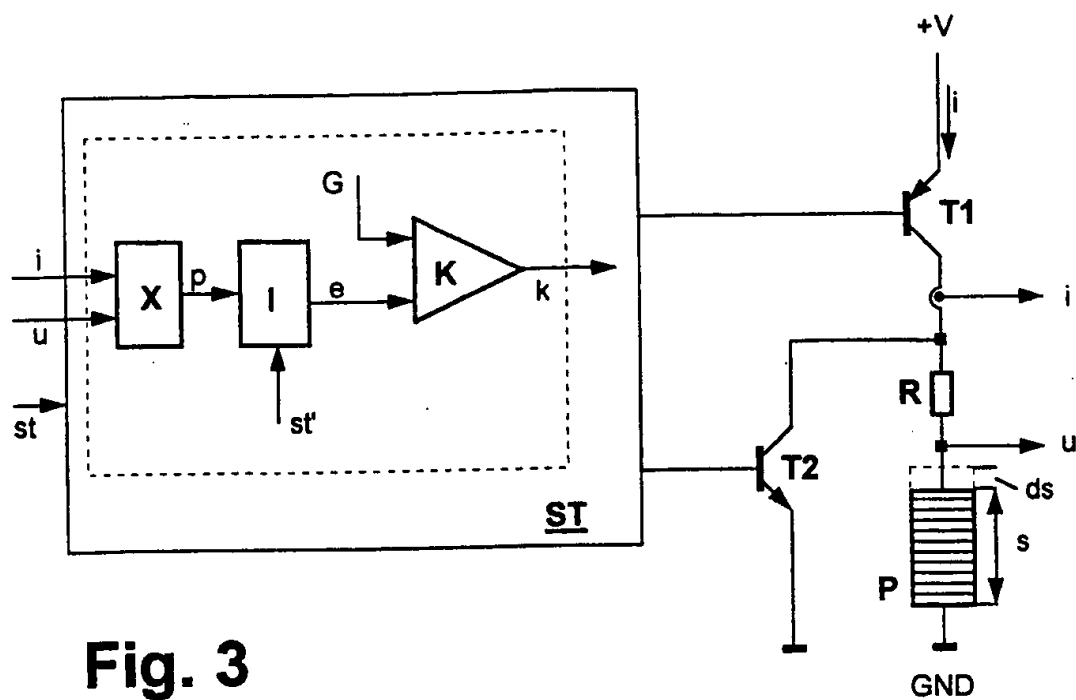
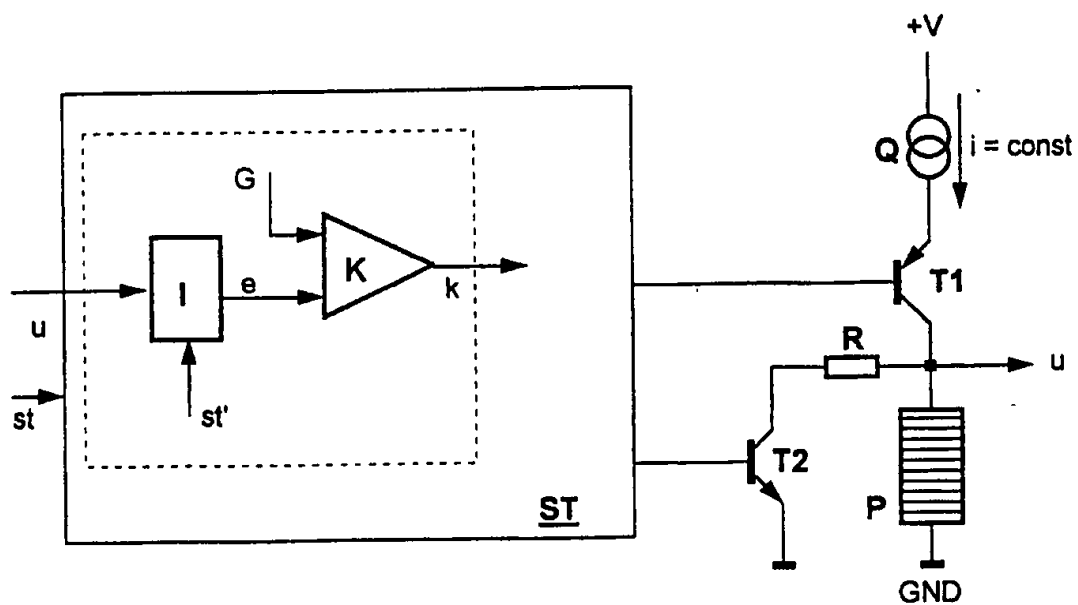


Fig. 2

**Fig. 3****Fig. 4**

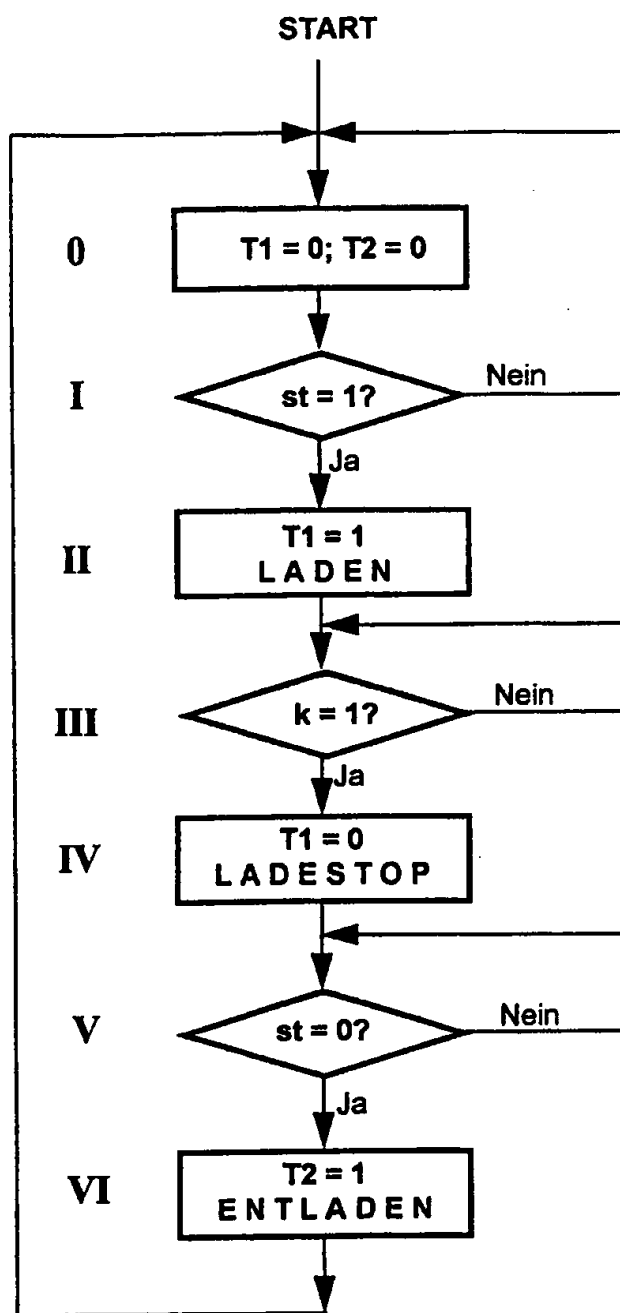


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 97/02151

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H01L41/04

According to International Patent Classification(IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 543 679 A (MORINO SEIJI ET AL) 6 August 1996 see column 5, line 41 - column 7, line 29 ---	1
A	US 5 479 062 A (YOSHINO NORIKO) 26 December 1995 see column 3, line 52 - column 4, line 38 ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 489 (E-696), 21 December 1988 & JP 63 204674 A (BROTHER IND LTD), 24 August 1988, see abstract --- -/--	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 January 1998

Date of mailing of the international search report

05/02/1998

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pelsters, L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 97/02151

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 064 (M-672), 26 February 1988 & JP 62 210241 A (NIPPON DENSO CO LTD; OTHERS: 01), 16 September 1987, see abstract</p> <p>----</p>	1
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 447 (E-1594), 19 August 1994 & JP 06 140682 A (TOYOTA MOTOR CORP), 20 May 1994, see abstract</p> <p>----</p>	1
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 188 (E-1532), 31 March 1994 & JP 05 344755 A (TOYOTA MOTOR CORP), 24 December 1993, see abstract</p> <p>-----</p>	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 97/02151

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5543679 A	06-08-96	JP 7066465 A	10-03-95
US 5479062 A	26-12-95	JP 6062585 A	04-03-94

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte. onales Aktenzeichen

PCT/DE 97/02151

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 H01L41/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 543 679 A (MORINO SEIJI ET AL) 6. August 1996 siehe Spalte 5, Zeile 41 - Spalte 7, Zeile 29	1
A	US 5 479 062 A (YOSHINO NORIKO) 26. Dezember 1995 siehe Spalte 3, Zeile 52 - Spalte 4, Zeile 38	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 489 (E-696), 21. Dezember 1988 & JP 63 204674 A (BROTHER IND LTD), 24. August 1988, siehe Zusammenfassung	1
-/--		

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgetüht)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. Januar 1998

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

05/02/1998

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Pelsers, L

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. funktionales Aktenzeichen

PCT/DE 97/02151

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 064 (M-672), 26.Februar 1988 & JP 62 210241 A (NIPPON DENSO CO LTD;OTHERS: 01), 16.September 1987, siehe Zusammenfassung ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 447 (E-1594), 19.August 1994 & JP 06 140682 A (TOYOTA MOTOR CORP), 20.Mai 1994, siehe Zusammenfassung ----	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 188 (E-1532), 31.März 1994 & JP 05 344755 A (TOYOTA MOTOR CORP), 24.Dezember 1993, siehe Zusammenfassung -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 97/02151

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5543679 A	06-08-96	JP 7066465 A	10-03-95
US 5479062 A	26-12-95	JP 6062585 A	04-03-94